



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Masateru YAMAMOTO et al.

Application No.: 10/625,687

Filed: July 24, 2003

Docket No.: 116661

For: SURFACE EMITTING SEMICONDUCTOR LASER AND METHOD OF FABRICATING
THE SAME

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2002-363486 filed on December 16, 2002

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

 X is filed herewith.

 was filed on in Parent Application No. filed .

 will be filed at a later date.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

James A. Oliff
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini
Registration No. 30,411

JAO:TJP/mlo

Date: October 20, 2003

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

<p>DEPOSIT ACCOUNT USE AUTHORIZATION Please grant any extension necessary for entry; Charge any fee due to our Deposit Account No. 15-0461</p>
--

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年12月16日
Date of Application:

出願番号 特願2002-363486
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2002-363486]

出願人 富士ゼロックス株式会社
Applicant(s):

2003年 9月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3074183

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0205300

【包括委任状番号】 0205289

【プルーフの要否】 要

【書類名】 特許願

【整理番号】 FE02-01975

【提出日】 平成14年12月16日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 05/183

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県海老名市本郷 2 2 7 4 番地 富士ゼロックス株式会社海老名事業所内

 【氏名】 山本 将央

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県海老名市本郷 2 2 7 4 番地 富士ゼロックス株式会社海老名事業所内

 【氏名】 櫻井 淳

【特許出願人】

 【識別番号】 000005496

 【氏名又は名称】 富士ゼロックス株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100098497

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 片寄 恭三

 【電話番号】 047-307-6020

【代理人】

 【識別番号】 100087480

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 片山 修平

 【電話番号】 043-351-2361

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 154657

 【納付金額】 21,000円

【書類名】 明細書

【発明の名称】 面発光型半導体レーザおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 メサ構造のレーザ素子部を備えた面発光型半導体レーザであって、前記面発光型半導体レーザは、

基板と、該基板上に形成された第 1 導電型の半導体層を含む第 1 のミラーと、第 2 導電型の半導体層を含む第 2 のミラーと、前記第 1 のミラーと前記第 2 のミラーとの間に配された活性領域と、前記第 1 のミラーと前記第 2 のミラーとの間に配され一部に選択的に酸化された領域を含む電流狭窄部とを有し、

前記メサ構造は、少なくとも前記第 2 のミラーおよび前記電流狭窄部を含み、

前記メサ構造の少なくとも側面が無機絶縁膜によって覆われ、前記無機絶縁膜の内部応力が 1.5×10^9 (dyne/cm²) 以下である、面発光型半導体レーザ。

【請求項 2】 基板と、前記基板の第 1 主面上に形成された第 1 導電型の分布帰還型の第 1 の半導体多層膜と、前記第 2 の半導体多層膜上に形成された活性領域と、前記活性領域上に形成された第 2 導電型の分布帰還型の第 2 の半導体多層膜と、前記第 1、第 2 の半導体多層膜の間に配され少なくとも 1 層の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0.9 \leq x \leq 1$) を含む半導体層の一部を酸化した電流制御層とを有し、少なくとも前記第 2 の半導体多層膜の上部から前記電流制御層までを含むメサ構造が形成された面発光型半導体レーザ素子において、前記メサ構造の少なくとも上面の一部および側面を無機絶縁膜により覆い、前記無機絶縁膜の内部応力が 1.5×10^9 (dyne/cm²) 以下である、面発光型半導体レーザ。

【請求項 3】 前記無機絶縁膜は、酸化珪素、窒化珪素および／または酸窒化珪素である、請求項 1 または 2 に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項 4】 前記無機絶縁膜は、プラズマ支援化学気相成長法により形成される、請求項 1 ないし 3 いずれかに記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項 5】 前記窒化珪素は、モノシランおよびアンモニアに、水素および窒素の希釈ガスを用いて形成され、希釈ガスにおける水素の含有比率がおおよ

そ50%である、請求項3または4に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項6】 前記酸化珪素は、モノシランに、亜酸化窒素および窒素のガスを用いて形成される、請求項3または4に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項7】 前記無機絶縁膜は、その内部応力が 3×10^8 (dyne/cm²) 以下である、請求項1ないし6いずれかに記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項8】 メサ構造のレーザ素子部を備えた面発光型半導体レーザであって、前記面発光型半導体レーザは、

基板と、該基板上に形成された第1導電型の半導体層を含む第1のミラーと、第2導電型の半導体層を含む第2のミラーと、前記第1のミラーと前記第2のミラーとの間に配された活性領域と、前記第1のミラーと前記第2のミラーとの間に配され一部に選択的に酸化された領域を含む電流狭窄部とを有し、

前記メサ構造は、少なくとも前記第2のミラーおよび前記電流狭窄部を含み、

前記メサ構造の少なくとも側面が無機絶縁膜によって覆われ、前記無機絶縁膜は引張応力と圧縮応力とを持つ絶縁膜を積層する、面発光型半導体レーザ。

【請求項9】 基板と、前記基板の第1主面上に形成された第1導電型の分布帰還型の第1の半導体多層膜と、前記第2の半導体多層膜上に形成された活性領域と、前記活性領域上に形成された第2導電型の分布帰還型の第2の半導体多層膜と、前記第1、第2の半導体多層膜の間に配され少なくとも1層の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0.9 \leq x \leq 1$) を含む半導体層の一部を酸化した電流制御層とを有し、少なくとも前記第2の半導体多層膜の上部から前記電流制御層までを含むメサ構造が形成された面発光型半導体レーザ素子において、前記メサ構造の少なくとも上面の一部および側面を無機絶縁膜により覆い、前記無機絶縁膜が引張応力を有する膜と圧縮応力を有する膜を積層する、面発光型半導体レーザ素子。

【請求項10】 前記無機絶縁膜が、酸化珪素、窒化珪素、および／又は酸窒化珪素である、請求項8または9に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項11】 前記無機絶縁膜は、内部応力が引張応力を生じる第1の窒化珪素膜と、内部応力が圧縮応力を生じる第2の窒化珪素膜とを含む、請求項8または9に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項12】 前記第1の窒化珪素膜は、前記第2の窒化珪素膜よりも水

素の含有量が少ない、請求項 1 1 に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項 1 3】 前記第 2 の窒化珪素膜は、モノシランとアンモニアの原料ガスに、水素と窒素の希釈ガスを含み、希釈ガスにおける水素の含有比率が 6 0 % 以上である、請求項 1 2 に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項 1 4】 選択酸化型の面発光型半導体レーザを製造する方法であって、

基板上に、第 1 および第 2 の半導体多層ミラー、電流狭窄層、および活性領域を含む複数の半導体層を形成し、

少なくとも前記第 2 の半導体ミラー層から前記電流狭窄層まで含むメサ構造を形成し、

前記メサ構造の前記電流狭窄層をメサ側面から酸化させ、

前記メサ構造の少なくとも側面を覆い、内部応力が 1.5×10^9 (d y n e / c m ²) 以下の無機絶縁膜を形成する、面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項 1 5】 選択酸化型の面発光型半導体レーザを製造する方法であって、

基板上に、第 1 および第 2 の半導体多層ミラー、電流狭窄層、および活性領域を含む複数の半導体層を形成し、

少なくとも前記第 2 の半導体ミラー層から前記電流狭窄層まで含むメサ構造を形成し、

前記メサ構造の前記電流狭窄層をメサ側面から酸化させ、

前記メサ構造の少なくとも側面を覆い、引張応力を有する第 1 の膜と圧縮応力を有する第 2 の膜とを積層した無機絶縁膜を形成する、面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項 1 6】 前記無機絶縁膜は、酸化珪素、窒化珪素および／または酸窒化珪素である、請求項 1 4 または 1 5 に記載の面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項 1 7】 前記無機絶縁膜は、プラズマ支援化学気相成長法により形成される、請求項 1 4 ないし 1 6 いずれかに記載の面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項 1 8】 前記窒化珪素は、モノシランおよびアンモニアに、水素および窒素の希釈ガスを用いて形成される、請求項 1 4 ないし 1 7 いずれかに記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項 1 9】 前記希釈ガスにおける水素の含有比率がおおよそ 5 0 % である、請求項 1 8 に記載の面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項 2 0】 前記酸窒化珪素は、モノシランに、亜酸化窒素および窒素のガスを用いて形成される、請求項 1 6 または 1 7 に記載の面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項 2 1】 前記無機絶縁膜は、内部応力が引張応力を生じる第 1 の窒化珪素膜と、内部応力が圧縮応力を生じる第 2 の窒化珪素膜とを含む、請求項 1 5 ないし 2 0 いずれかに記載の面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項 2 2】 前記第 1 の窒化珪素膜は、前記第 2 の窒化珪素膜よりも水素の含有量が少ない、請求項 2 1 に記載の面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項 2 3】 前記第 2 の窒化珪素膜は、モノシランとアンモニアの原料ガスに、水素と窒素の希釈ガスを含み、希釈ガスにおける水素の含有比率が 6 0 % 以上である、請求項 2 2 に記載の面発光型半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、面発光型半導体レーザ素子およびその製造方法に関し、特にメサ構造を有する選択酸化型面発光型半導体レーザおよびその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

光通信や光記録等の技術分野において、光源の二次元アレイ化が容易で、かつそのしきい値電流や消費電力が小さいという利点を有する、面発光型半導体レーザ（垂直共振器型表面発光レーザ；Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser diode）への需要が増加している。

【0 0 0 3】

本出願人は、特許文献 1 において、面発光型半導体レーザ素子の寿命を長くし

、その光出力を均一にする技術を開示している。その技術によれば、メサ構造を有する選択酸化型の面発光型半導体レーザにおいて、メサ構造の上面の縁部および側面を酸化珪素や窒化珪素等の無機絶縁膜（層間絶縁膜）により覆うことで、メサの脱落を防止し、レーザ素子の寿命を長くしている。

【0004】

【特許文献1】

特開平11-340565号

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来の特許文献1に示す素子構造では、依然として以下の課題が存在することが判明した。特許文献1に示すように、メサ構造の上面および側壁を覆う無機絶縁膜（層間絶縁膜）は、プラズマ支援化学気相成長法（PCVD）により作製される。このときの成膜条件は、例えば、基板温度を約250度、高周波電力を100W、圧力を26.6Paにし、原料ガスとしてモノシラン35ccm、アンモニア240ccmを供給し、約800nmの窒化珪素膜を着膜させている。この方法により着膜された窒化珪素膜の内部応力をニュートンリングを用いて測定すると、引張応力で 3×10^9 (dyne/cm²)以上の大きさになってしまう。内部応力は、メサ構造を構成する酸化制御層（電流狭窄層）や活性領域に印加する応力であり、無機絶縁膜（層間絶縁膜）に一定以上の内部応力が存在したり、そこに大きな歪が生じていると、酸化制御膜や活性領域の品質を劣化させたり、無機絶縁膜の強度が比較的短時間で劣化したりするため、その結果、メサ構造が基板から脱落したり、層間絶縁膜とその上に形成された金属配線が基板から浮き上がって断線が生じるというおそれがあり、半導体レーザ素子の寿命に悪影響を及ぼしてしまう。

【0006】

そこで本発明は上記従来課題を解決し、メサを覆う層間絶縁膜の内部応力を低減し素子の長寿命化を図った面発光型半導体レーザを提供することを目的とする。

さらに本発明は、長寿命および高信頼性の面発光型半導体レーザの製造方法を

提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の、メサ構造のレーザ素子部を備えた面発光型半導体レーザは、以下の構成を有する。基板と、該基板上に形成された第1導電型の半導体層を含む第1のミラーと、第2導電型の半導体層を含む第2のミラーと、前記第1のミラーと前記第2のミラーとの間に配された活性領域と、前記第1のミラーと前記第2のミラーとの間に配された選択的に酸化された領域を含む電流狭窄部とを有し、前記メサ構造は、少なくとも前記第2のミラーおよび前記電流狭窄部を含み、前記メサ構造の少なくとも側面が無機絶縁膜によって覆われ、無機絶縁膜の内部応力が 1.5×10^9 (dyne/cm²) 以下である。

【0008】

請求項2に記載の面発光型半導体レーザは、基板と、前記基板の第1主面上に形成された第1導電型の分布帰還型の第1の半導体多層膜と、前記第2の半導体多層膜上に形成された活性領域と、前記活性領域上に形成された第2導電型の分布帰還型の第2の半導体多層膜と、前記活性領域に近接した少なくとも1層の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0.9 \leq x \leq 1$) を含む半導体層の一部を酸化した電流制御層とを有し、少なくとも前記第2の半導体多層膜の上部から前記電流制御層までを含むメサ構造が形成され、前記メサ構造の上面および側面を無機絶縁膜により覆い、前記無機絶縁膜の内部応力が 1.5×10^9 (dyne/cm²) 以下である。

【0009】

請求項1および2の面発光型半導体レーザによれば、無機絶縁膜の内部応力を従来と比較して小さな値とすることで、無機絶縁膜に生じる歪が低減され、無機絶縁膜の機械的強度が短時間で劣化するのを防止することができる。これにより、無機絶縁膜によって基板上に機械的に補強されたレーザ素子部であるメサ構造の劣化、変形、損傷等を予防し、それに伴いメサ構造から出射されるレーザ光の出力を長期間安定化させることができ、面発光型半導体レーザの信頼性を向上させることができる。電流狭窄部は、好ましくはAlを含む半導体層である。また

、請求項 2 に記載のように、電流制御層（電流狭窄層あるいは酸化制御層）は、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0.9 \leq x \leq 1$) であり、好ましくは x は 0.95 以上であり、 $Al_{0.95}Ga_{0.05}As$ を用いることができる。勿論、 x が 1 であってもよく、その場合は $AlAs$ 層である。

【0010】

無機絶縁膜は、酸化珪素、窒化珪素および／または酸窒化珪素を用いることが可能であり、これらは好ましくはプラズマ支援化学気相成長法により形成される。好ましくは、窒化珪素は、モノシランおよびアンモニアに、水素および窒素の希釈ガスを用いて形成され、希釈ガスにおける水素の含有比率がおおよそ 50% である。希釈ガスである窒素および水素を混入させることで、内部応力を低減することができる。また、酸窒化珪素により無機絶縁膜を形成する場合には、モノシランに、亜酸化窒素および窒素のガスを用いることが望ましい。

【0011】

無機絶縁膜は、より好ましくは、内部応力が 3×10^8 (dyne/cm²) 以下である。この程度に軽減された内部応力になると、レーザ素子の加速試験を行った結果からメサ構造の寿命がより向上されることが判明している。なお、無機絶縁膜の内部応力は、無機絶縁膜の変形量をニュートンリングを用いて測定することにより求めることが可能である（これについては後述する）。

【0012】

請求項 8 に記載の、メサ構造のレーザ素子部を備えた面発光型半導体レーザは、基板と、該基板上に形成された第 1 導電型の半導体層を含む第 1 のミラーと、第 2 導電型の半導体層を含む第 2 のミラーと、前記第 1 のミラーと前記第 2 のミラーとの間に配された活性領域と、前記第 1 のミラーと前記第 2 のミラーとの間に配された選択的に酸化された領域を含む電流狭窄部とを有し、前記メサ構造は、少なくとも前記第 2 のミラーおよび前記電流狭窄部を含み、前記メサ構造の少なくとも側面が無機絶縁膜によって覆われ、前記無機絶縁膜は引張応力と圧縮応力を持つ絶縁膜を積層するものである。

【0013】

請求項 9 に記載の面発光型半導体レーザは、基板と、前記基板の第 1 主面上に形成された第 1 導電型の分布帰還型の第 1 の半導体多層膜と、前記第 2 の半導体多層膜上に形成された活性領域と、前記活性領域上に形成された第 2 導電型の分布帰還型の第 2 の半導体多層膜と、前記活性領域に近接した少なくとも 1 層の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0.9 \leq x \leq 1$) を含む半導体層の一部を酸化した電流制御層とを有し、少なくとも前記第 2 の半導体多層膜の上部から前記電流制御層までを含むメサ構造が形成され、前記メサ構造の上面および側面を、それぞれ引張応力と圧縮応力の内部応力をもつ無機絶縁膜を積層するものである。

【0014】

請求項 8 および 9 に記載の面発光型半導体レーザによれば、その無機絶縁膜が引張応力を有する膜と圧縮応力を有する膜とを含んで構成されるため、無機絶縁膜の全体の内部応力を低減することができ、その結果、無機絶縁膜の強度を維持し、レーザ素子部であるメサ構造を安定的に動作させることができる。

【0015】

無機絶縁膜としては、引張応力を有する膜と圧縮応力を有する膜とを交互に配置させ、これらを少なくとも一組有するものである。無機絶縁膜は、酸化珪素、窒化珪素、および／又は酸窒化珪素を用いることが望ましく、これらの膜はプラズマ支援化学気相成長法により形成される。

【0016】

好ましくは無機絶縁膜は、内部応力が引張応力を生じる第 1 の窒化珪素膜と、内部応力が圧縮応力を生じる第 2 の窒化珪素膜とを含むものであり、第 1 の窒化珪素膜は、前記第 2 の窒化珪素膜よりも水素の含有量が少ない。窒化珪素膜に含まれる水素の含有量を調整することで、内部応力の値を制御することができ、水素が多く含まれると内部応力が圧縮応力となる。第 2 の窒化珪素膜は、モノシランとアンモニアの原料ガスに、水素と窒素の希釈ガスを含み、希釈ガスにおける水素の含有比率が 60% 以上であることが望ましい。

【0017】

請求項 14 に記載の、選択酸化型の面発光型半導体レーザを製造する方法は以下のステップを有する。基板上に、第 1 および第 2 の半導体多層ミラー、電流制

御層、および活性層を含む複数の半導体層を形成するステップと、少なくとも第2の半導体ミラー層から電流制御層まで含むメサ構造を形成するステップと、メサ構造の電流制御層をメサ側面から酸化させるステップと、メサ構造の少なくとも側面を覆い、内部応力が 1.5×10^9 (dyn/cm²) 以下の無機絶縁膜を形成するステップとを含む。無機絶縁膜の歪を小さくすることでメサ構造の経時変化を抑制し、レーザ光の出力を長期間安定的に動作させることができる。

【0018】

好ましくは無機絶縁膜は、酸化珪素、窒化珪素および／または酸窒化珪素であり、これらの膜はプラズマ支援化学気相成長法により形成される。窒化珪素の場合、モノシランおよびアンモニアに、水素および窒素の希釈ガスを用いて形成されることが望ましい。希釈ガスにおける水素の含有比率がおおよそ50%である。あるいは酸窒化珪素の場合には、モノシランに、亜酸化窒素および窒素のガスを用いて形成されることが望ましい。

【0019】

請求項15に記載の選択酸化型の面発光型半導体レーザを製造する方法は以下のステップを有する。基板上に、第1および第2の半導体多層ミラー、電流制御層、および活性層を含む複数の半導体層を形成するステップと、少なくとも前記第2の半導体ミラー層から前記電流制御層まで含むメサ構造を形成するステップと、前記メサ構造の前記電流制御層をメサ側面から酸化させるステップと、前記メサ構造の少なくとも側面を覆い、引張応力を有する第1の膜と圧縮応力を有する第2の膜とを積層した無機絶縁膜を形成するステップとを有する。メサ構造を覆う無機絶縁膜が引張応力と圧縮応力を有することで、無機絶縁膜の全体の内部応力が第1、第2の膜によりバランスされることで低減され、結果として長寿命の安定動作が可能な面発光型半導体レーザを提供することができる。

【0020】

好ましくは第1、第2の膜は、プラズマ支援化学気相成長法により形成される窒化珪素膜であり、前記第2の膜は、モノシランおよびアンモニアを原料に、水素および窒素の希釈ガスを含み、前記希釈ガスにおける水素の含有比率が60%以上である。

【 0 0 2 1 】**【発明の実施の形態】**

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図 1 は本発明に係る面発光レーザの断面図である。本実施の形態に係る面発光レーザ 1 0 0 は、円筒状のメサ構造（あるいはポスト構造、ピラー構造）から成るレーザ素子部 1 0 1 を備えた選択酸化型の面発光型半導体レーザである。同図に示す面発光レーザ 1 0 0 は、レーザ素子部あるいはメサ構造 1 0 1 上に塗布される保護膜や、金属コンタクト層から延在されるボンディングパッド部等の記載は省略されている。

【 0 0 2 2 】

同図において、1 は n 型の G a A s 基板、2 は基板上に形成された n 型 G a A s バッファ層、3 は n 型の下部 D B R (Distributed Bragg Reflector) 層、7 は下部 D B R 層 3 上に形成された活性領域である。活性領域 7 は、アンドープの下部スペーサ層 4 とアンドープの量子井戸層 5 とアンドープの上部スペーサ層 6 の積層体よりなる。8 は活性領域 7 上に形成された電流狭窄層であり、電流狭窄層 8 は、その中央部に円形状の開口を規定する p 型の A l A s 部 8 a とその周囲に A l A s 酸化物領域 8 b とを含む。酸化物領域 8 b は、そこを通る電流と光を狭窄するものである。9 は電流狭窄層 8 上に形成された p 型の上部 D B R 層、1 0 は上部 D B R 層上に形成された p 型のコンタクト層、1 1 はコンタクト層 1 0 上に形成され出射窓 1 1 a を規定する環状の p 側コンタクト電極、1 2 はコンタクト電極 1 1 上に形成された出射保護膜、1 3 はメサ構造の上面の縁部、側面およびメサ底部を覆う層間絶縁膜、1 4 は層間絶縁膜 1 3 上に形成されコンタクトホール 1 3 a を介してコンタクト電極 1 1 に接続された p 側配線電極、1 5 は基板裏面に形成された n 側電極である。

【 0 0 2 3 】

出射窓 1 1 a は円形状を有し、この中心は基板に垂直方向にかつメサ構造 1 0 1 の中心を延びる光軸とほぼ一致する。上述の電流狭窄層 8 の p 型の A l A s 部 8 a の中心もほぼ光軸と一致する。つまり、p 型の A l A s 部 8 a と出射窓 1 1 a とは互いに整合された位置にある。

【0024】

本実施の形態に係る面発光型半導体レーザ100は、従来のものと異なり層間絶縁膜13の内部応力を低減するものである。層間絶縁膜13の製造方法については後述するが、本例ではその内部応力を 1.5×10^9 (dyne/cm²)以下にすることで層間絶縁膜13の歪を小さくし、層間絶縁膜13の機械的強度を改善し、メサ構造の脱落等を予防するものである。

【0025】

次に、図1に示す面発光型半導体レーザの製造方法について図2ないし図5を参照して説明する。

A：エピ膜の作製

MOCVD法またはMBE法等により基板1上に複数の半導体膜を積層する。図2(a)に示すように、n型GaAs基板1上にn型GaAsバッファ層2と下部DBR層3と、アンドープのAl_{0.6}G_{0.4}Asからなる下部スペーサ層4、アンドープのGaAs量子井戸層およびアンドープのAl_{0.3}G_{0.7}As障壁層からなる量子井戸活性層5、ならびにアンドープのAl_{0.6}G_{0.4}Asからなる上部スペーサ層6を含む活性領域7と、上部DBR層9とp型GaAsコンタクト層10とを順次積層する。

【0026】

下部DBR層3は、n型のAl_{0.9}G_{0.1}Asとn型のAl_{0.15}G_{0.85}Asとを各々厚さ $\lambda / (4n_r)$ (λ ：発振波長、 n_r ：媒質の屈折率) ずつ交互に35.5周期積層する。シリコンをドーパントとしたキャリア濃度は、 2×10^{18} cm⁻³である。他方、上部DBR層9は、p型のAl_{0.9}G_{0.1}Asとp型のAl_{0.15}G_{0.85}Asとを各々厚さ $\lambda / (4n_r)$ (λ ：発振波長、 n_r ：媒質の屈折率) ずつ交互に23周期積層して形成し、カーボンをドーパントとしたキャリア濃度は、 2×10^{18} cm⁻³である。

【0027】

上部DBR層9内の最下層にはp型のAl_{0.9}G_{0.1}Asの代わりにコントロール層としてのp型のAlAs層8を形成している。AlAs層8は、厚さ $\lambda / (4n_r)$ で、カーボンをドーパントとしたキャリア濃度は 2×10^{18} cm⁻³

である。なお、素子の直列抵抗を下げるため、下部DBR層3と上部DBR層8の $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層と $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層との間には、その中間のアルミ組成比を有する遷移領域を形成するようにしても良い。p型のGaAsコンタクト層10の膜厚は20nmでキャリア濃度は $1 \times 10^{20} \text{ m}^{-3}$ である。

【0028】

B：p側コンタクト電極の形成

図2（b）に示すように、エピタキシャル膜が形成された基板上に、通常のフォトリソグラフィによりレジストをパターンニングし、p型電極の材料を蒸着後、リフトオフにより所定の位置にp側コンタクト電極11を形成した。p側コンタクト電極11は環状であり、その内径がレーザ光の出射窓11aを規定する。電極材料として、例えばAu、Pt、Ti、Ge、Zn、Ni、In、WおよびITOから選択される1種類以上の金属材料を用いることができる。

【0029】

C：出射保護膜の着膜

図2（c）に示すように、p側コンタクト電極11を含むコンタクト層10上に、PCVD（プラズマ支援化学気相成長法）により出射保護膜12を形成する。出射保護膜12として酸化珪素膜を250nm着膜する。このときのPCVDの条件は、次の通りである。

基板温度：250度

原料ガス：モノシラン 25ccm、亜酸化珪素 200ccm、珪素 100ccm

高周波電力：200W

圧力：26.6Pa

【0030】

D：出射保護膜のパターンニング

図3（d）に示すように、通常のフォトリソグラフィによりレジストをパターンニングし、レジストによって覆われていない領域の出射保護膜12を取り除く。そして、レジストを剥離し、パターンニングされた出射保護膜12をコンタクト電極11上に形成する。

【0031】

E：メサ形成用マスクの着膜

図3（e）に示すように、コンタクト電極11および出射保護膜12を含むコンタクト層10上に、PCVDによりメサ形成用のマスク16として窒化珪素膜を820nm着膜させる。このときの条件は次の通りである。

基板温度：300度

原料ガス：モノシラン 35ccm、アンモニア 105ccm、水素 175ccm、窒素 175ccm

高周波電力：800W

圧力：56.5Pa

【0032】

Fメサ形成用マスクのパターニング

図3（f）に示すように、フォトリソグラフィーによりレジストをパターニングし、レジストによって覆われていないメサ形成用マスク16を取り除き、メサ形成用マスク16を所定形状に加工する。

【0033】

G：メサの形成

図4（g）に示すように、メサ形成用マスク16をエッチングマスクとして、下部DBR層3の一部が露出されるまで、三塩化ホウ素および塩素を用いた反応性イオンエッチング（RIE）により半導体層をエッチングし、メサ構造を形成する。

【0034】

H：選択酸化領域の形成

図4（h）に示すように、水蒸気を導入したウェット酸化炉を使用して、AlAs層8を360℃で加熱することで、AlAs層8がメサ構造の側面から一部を選択的に酸化され、酸化物領域8bが形成される。

【0035】

I：層間絶縁膜の形成

図4（i）に示すように、メサ構造の上面、側面およびメサ底部を覆うように

層間絶縁膜 13 を形成する。本実施の態様では、層間絶縁膜 13 の内部応力を低減させるために、以下の P C V D の条件により窒化珪素膜を 800 nm 着膜させる。

【0036】

条件	量	単位
モノシラン	35	ccm
アンモニア	105	ccm
水素	175	ccm
窒素	175	ccm
高周波電力	800	W
基板温度	300	°C
圧力	56.5	Pa

(なお基板温度が 300 度するとき、P C V D のヒーター温度は約 400 度である)

【0037】

このような条件で形成された窒化珪素膜 13 は、内部応力が 3×10^8 (d y n e / c m²) となり、従来の窒化珪素膜の内部応力、 3×10^9 (d y n e / c m²) と比較して 1 オーダー近く内部応力が低減される。これは、原料ガスに、水素および窒素を加えることで、過剰な水素および窒素が窒化珪素膜に混入し、それによって内部応力が低減されたものである。

【0038】

原料ガスに加えられる希釈ガスの水素と窒素の比率を変えることにより内部応力を所望の大きさに制御することが判明した。図 6 に水素と窒素の比率と内部応力との関係を示す。横軸は、水素の含有比率（水素および窒素を含む希釈ガスにおける水素が占める割合）を示し、縦軸はそのときの内部応力を示す。なお、縦軸において“0. 0 E + 0 0”は内部応力がゼロであり、それより上に向かうと内部応力が引張応力であることを示し、それより下に向かう（“－”が付く）と内部応力が圧縮応力であることを示している。水素の含有比率が 50 % のとき、窒化珪素膜の内部応力は上述したように、 3×10^8 (d y n e / c m²) であるが、水素の含有比率が増加するにつれて内部応力は圧縮応力になりその値が増加

する。例えば、水素の含有比率が 8 0 % になると、 3×10^9 (d y n e / c m²) の圧縮応力となる。他方、水素の含有比率が減少するにつれて内部応力は引張応力となりその値が増加する。

【 0 0 3 9 】

J：コンタクト領域の形成

図 5 (j) に示すように、フォトリソグラフィーによりレジストをパターニングし、エッチングに選択性のある原料ガス (S F 6 + O 2) を使用したドライエッチングにより層間絶縁膜 1 3 を除去し、出射保護膜 1 2 の全面を露出させるとともに、メサ形成用マスク 1 6 の一部を除去し、p 側コンタクト電極 1 1 の一部を露出させるコンタクトホール 1 3 a を形成する。その後、レジストを剥離する。

【 0 0 4 0 】

K：配線電極の形成

図 5 (k) に示すように、フォトリソグラフィーによりレジストをパターニングし、次いで配線電極の材料 (例えば T i / A u の積層金属) を蒸着後、リフトオフにより所定の位置に配線電極 1 4 を形成する。配線電極 1 4 は、メサの上面の中央部においてコンタクト電極 1 1 によって規制される出射窓 1 1 a よりも一回り大きいサイズに削除され、かつ、コンタクトホール 1 3 a を介してコンタクト電極 1 1 に接続される。

【 0 0 4 1 】

L：裏面研磨

研磨装置を使用して、n 型 G a A s 基板 1 の裏面側から厚さ 2 0 0 μ m まで基板を研磨する。

【 0 0 4 2 】

M：n 側電極の形成

図 5 (l) に示すように、n 型 G a A s 基板 1 の裏面に n 側電極の材料を蒸着することで n 側電極 1 5 を形成する。電極の材料は、例えば A u / G e / N i / A u の金属を用いることができる。

【 0 0 4 3 】

次に本発明の第 2 の実施の形態について説明する。本実施の形態に係る面発光型半導体レーザは、その層間絶縁膜の構成および出射保護膜上に層間絶縁膜が残っていることを第 1 の実施の態様と異にする。また、第 1 の実施の形態では、メサ形成用マスクの着膜工程（図 3（e）に示す工程）において、マスクとしての窒化珪素膜の原料ガスにアンモニアを含んでいるが、第 2 の実施の形態では、原料ガスにアンモニアを用いないでマスク用の窒化珪素膜を着膜させることを異にし、これら以外の構成は第 1 の実施の形態のときと同様である。

【0044】

図 4（i）に示すステップにおいて、層間絶縁膜 13 がメサおよびメサ底部を含む領域上に形成される。層間絶縁膜 13 として酸窒化珪素膜 800 nm が P C V D により、以下の条件で着膜される。

【0045】

条件	量	単位
モノシラン	25	ccm
亜酸化窒素	200	ccm
窒素	100	ccm
高周波電力	200	W
基板温度	250	°C
圧力	26.6	Pa

（なお基板温度が 250 度するとき、P C V D のヒーター温度は約 340 度である）

【0046】

このような条件により形成された酸窒化珪素膜は、内部応力が圧縮応力であり、その応力は、 4×10^8 （ dyne/cm^2 ）である。

【0047】

酸窒化珪素膜が形成された後、フォトリソグラフィーによりレジストをパターニングし、原料ガスに $\text{CHF}_3 + \text{O}_2$ を使用したドライエッチングにより p 型コンタクト電極 11 の一部の領域の無機絶縁膜（メサ形成用マスク膜 16 および層間膜 13 である窒化珪素膜）を除去し、出射保護膜 12 の上の層間絶縁膜は残っ

ている状態でコンタクトホール 1 3 a を形成する。

【 0 0 4 8 】

次に本発明の第 3 の実施の形態について説明する。第 3 の実施の形態に係る面発光型半導体レーザは、層間絶縁膜の構成を除き他の構成は第 1 の実施の形態と同様である。

【 0 0 4 9 】

第 3 の実施の形態では、図 4 (i) のステップにおいて層間絶縁膜として引張応力と圧縮応力の複数の窒化珪素膜を積層する。

引張応力を有する窒化珪素膜は以下の条件にて 4 0 0 n m の膜厚に形成される。

このときの引張応力は、 3×10^9 (d y n e / c m ^ 2) である。

条件	量	単位
モノシラン	35	ccm
アンモニア	240	ccm
水素	0	ccm
窒素	0	ccm
高周波電力	100	W
基板温度	250	°C
圧力	26. 6	Pa

【 0 0 5 0 】

圧縮応力を有する窒化珪素膜は以下の条件で 4 0 0 n m の膜厚に形成される。

このときの圧縮応力は、 3×10^9 (d y n e / c m ^ 2)

条件	量	単位
モノシラン	35	ccm
アンモニア	105	ccm
水素	280	ccm
窒素	70	ccm
高周波電力	800	W
基板温度	300	°C
圧力	73. 2	Pa

こうして引張応力を有する膜と圧縮応力を有する膜を積層させることで、絶縁膜全体の応力を極力低減させることで、層間絶縁膜の機械的強度を改善すること

ができる。積層される膜数は、2層のみならずそれ以上であっても良いし、さらに希釈ガスにおける水素の含有比率を適宜調整することで、圧縮応力と引張応力の値を変更することが可能である。

【0051】

層間絶縁膜の形成後、フォトリソグラフィーによりレジストをパターンニングし、エッチングに選択性のある原料ガス（ $\text{SF}_6 + \text{O}_2$ ）を使用したドライエッチングにより出射保護膜12全体およびp型コンタクト電極11の一部の領域の無機絶縁膜13（メサ形成用マスク膜16および層間絶縁膜13である窒化珪素膜）を除去し、その後レジストを剥離する。

【0052】

図7に加速試験をしたときの層間絶縁膜の内部応力と信頼性との関係を示す。加速試験として面発光型半導体レーザまたはそれを搭載した基板を、 100°C の温度下で9mAの電流を流したときの面発光型半導体レーザの経時変化を表すもので、縦軸はメサ構造の相対強度を示し、横軸は時間を示す。相対強度とは、メサから出射されるレーザ光の出力の相対的な変化を示し、相対強度が“1（100%）”であることはレーザ光の出力に変化が無いことを意味し、相対強度が小さくなることはレーザ光の出力が低下することを意味する。図中、黒丸のドットは層間絶縁膜の内部応力が 4×10^9 （ dyne/cm^2 ）である場合、白三角のドットは内部応力が 3×10^9 （ dyne/cm^2 ）である場合、白い四角のドットは内部応力が 1.5×10^9 （ dyne/cm^2 ）、黒い菱形のドットは内部応力が 3×10^8 （ dyne/cm^2 ）の場合である。図からも明らかなように、内部応力が 1.5×10^9 （ dyne/cm^2 ）よりも大きくなると（丸のドットおよび三角のドット）、その相対強度の低下が著しく、面発光型半導体レーザとしての信頼性が悪化してしまう。内部応力が 1.5×10^9 （ dyne/cm^2 ）以下であれば、その相対強度はそれほど低下せず、面発光型半導体レーザの信頼性を維持することができる。

【0053】

次に、上記実施の態様における層間絶縁膜の応力の測定方法について説明する。

内部応力の測定は、ニュートン環法を用いる。これは、フラットネステスターを使用し、光学的に平滑な面上に円形基板を載せ、その面に垂直方向に光を照射したとき、基板面と平滑な面との間の光の干渉で生じるニュートンリングを観測し、そこから基板のそり量を測定し、そり量から内部応力を求めるものである。

【0054】

具体的な手順として、面発光型半導体レーザが形成される素子形成用基板とは別に測定用基板を用意し、この測定用基板のそり量（h1）をニュートンリングにより測定する。次いで、素子形成用基板と測定用基板とを同一環境に配し、素子形成用基板のメサ構造上に層間絶縁膜を形成するとき（図4（i）の工程）、これと同一のプロセス条件で層間絶縁膜を測定用基板の表面に形成する。層間絶縁膜が形成された測定用基板を再度ニュートンリング法によりそり量（h2）を測定する。

【0055】

そり量（h1）とそり量（h2）との変化量（Δh）から、内部応力σを次式より求めることができる。

【0056】

$$\sigma = \frac{E \cdot d^2 \cdot \Delta h}{3 \cdot (1 - \nu) \cdot r^2 \cdot d}$$

σ：内部応力

E：基板のヤング率

d：基板の厚さ

Δh：層間絶縁膜の着膜により基板のそりの変化量

ν：基板のポアソン比

r：基板の半径

d：層間絶縁膜の厚さ

【0057】

以上説明したように本実施の形態では、面発光型半導体レーザのメサ構造を覆う層間絶縁膜の内部応力を従来のものより小さくすることで、層間絶縁膜の機械

的強度を維持し、メサ構造の基板からの脱落等を防止し、信頼性および長寿命のレーザ素子を得ることができる。

【0058】

以上、本発明の好ましい実施の形態について詳述したが、本発明は係る特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。例えば、半導体基板は、他の基板を用いることも可能であるし、絶縁基板を用いてもよい。絶縁基板を用いた場合には、 n 側電極は基板上に積層された n 型の下部DBR層の一部と電気的コンタクトされる。また、電流狭窄層は、AlAs層に限らず、AlGaAs層を用いても良いし、その他のDBR層、コンタクト層、金属配線は、上記実施態様以外の材質を用いることも勿論可能である。メサ構造の形状は、円筒状に限らず、その他の角形状、楕円状等であってもよい。また、出射窓およびコンタクト電極の形状も、円形状に限らず、その他の楕円、矩形、正方形等の形状であっても良い。

【0059】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、メサ構造のレーザ素子部を備えた面発光型半導体レーザにおいて、メサ構造の少なくとも側面が無機絶縁膜によって覆われ、無機絶縁膜の内部応力が 1.5×10^9 (dyne/cm²) 以下であるようにしたことにより、従来と比較して、無機絶縁膜に生じる歪が低減され、無機絶縁膜の機械的強度が短時間で劣化するのを防止することができる。このため、無機絶縁膜によって基板上に機械的に補強されたレーザ素子部であるメサ構造の劣化、変形、損傷等を予防し、それに伴いメサ構造から出射されるレーザ光の出力を長期間安定化させることができ、面発光型半導体レーザの信頼性を向上させることができる。

【0060】

さらにメサ構造のレーザ素子部を備えた面発光型半導体レーザにおいて、メサ構造の少なくとも側面が無機絶縁膜によって覆われ無機絶縁膜が引張応力と圧縮応力とを持つ絶縁膜を積層するようにしたので、無機絶縁膜の全体の内部応力を

低減することができ、その結果、無機絶縁膜の強度を維持し、レーザ素子部であるメサ構造を安定的に動作させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態に係る面発光型半導体レーザの断面構造を示す図である。

【図 2】 図 2 (a) ないし (c) は、第 1 の実施の形態に係る面発光型半導体レーザの製造工程を示す図である。

【図 3】 図 3 (d) ないし (f) は、第 1 の実施の形態に係る面発光型半導体レーザの製造工程を示す図である。

【図 4】 図 4 (g) ないし (i) は、第 1 の実施の形態に係る面発光型半導体レーザの製造工程を示す図である。

【図 5】 図 5 (j) ないし (l) は、第 1 の実施の形態に係る面発光型半導体レーザの製造工程を示す図である。

【図 6】 水素窒素混合希釈ガスにおける水素含有比率と応力との関係を示す図である。

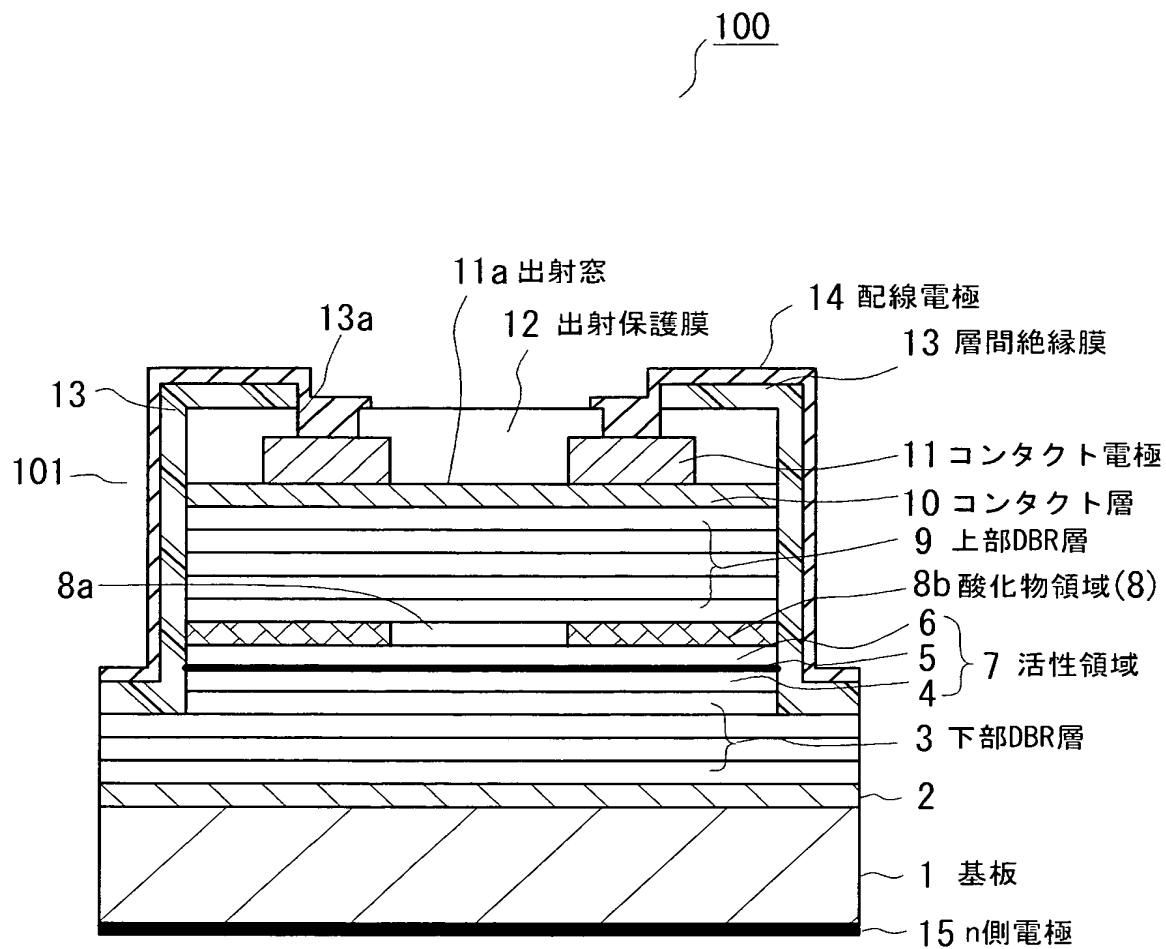
【図 7】 加速試験をしたときの層間絶縁膜の内部応力と信頼性との関係を示す図である。

【符号の説明】

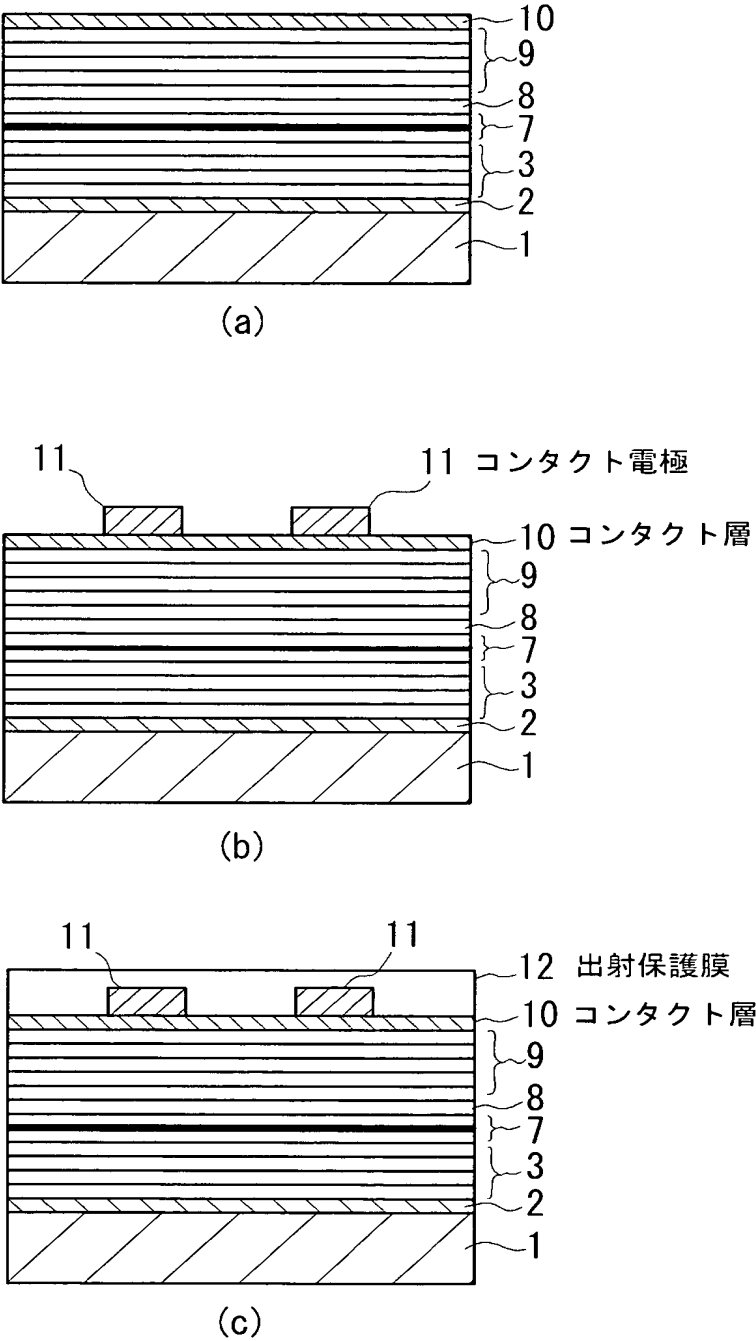
1：n 型 GaAs 基板、2：バッファ層、3 下部 DBR 層、4：下部スペーサ層、5：量子井戸層、6：上部スペーサ層、7：活性領域、8：電流狭窄層、8 a：AlAs 領域、8 b：酸化領域、9：上部 DBR 層、10：p 型コンタクト層、11：コンタクト電極、11 a：出射窓、12：出射窓保護膜、13：層間絶縁膜、14：配線電極、15：n 側電極

【書類名】 図面

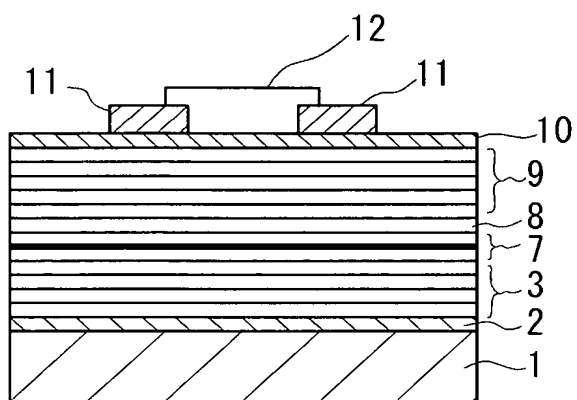
【図 1】



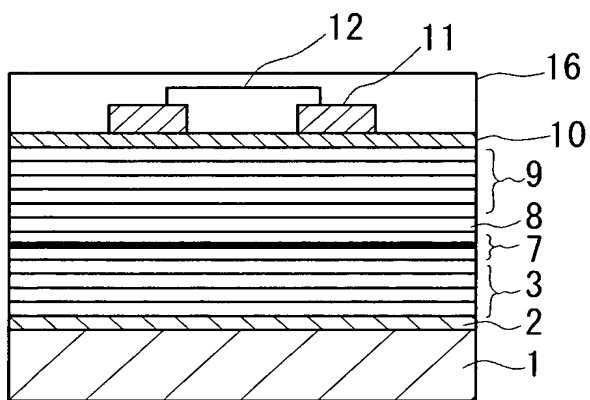
【図 2】



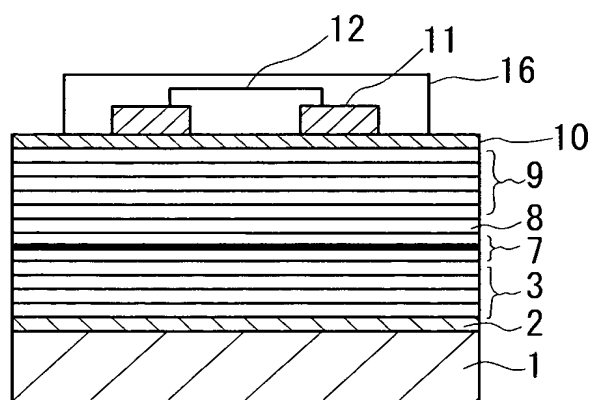
【図 3】



(d)

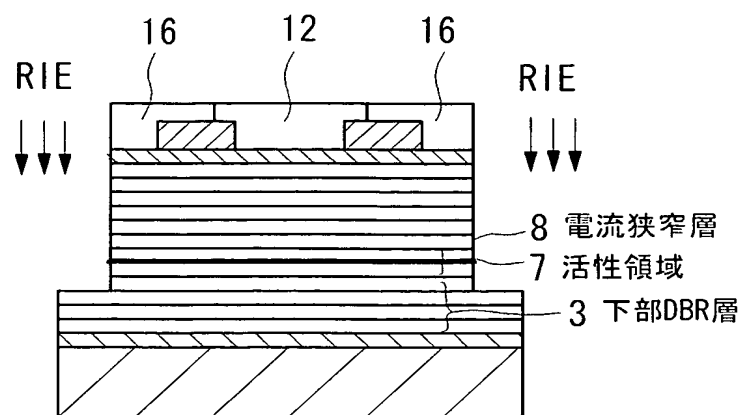


(e)

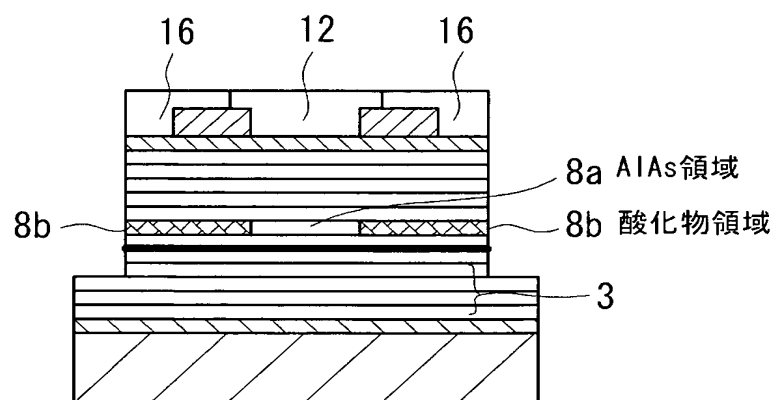


(f)

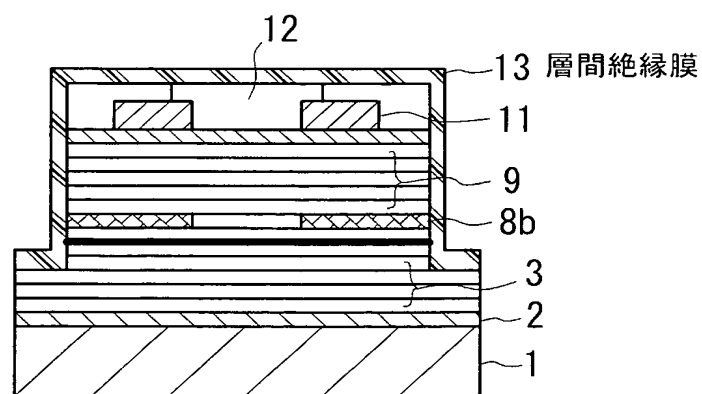
【図 4】



(g)

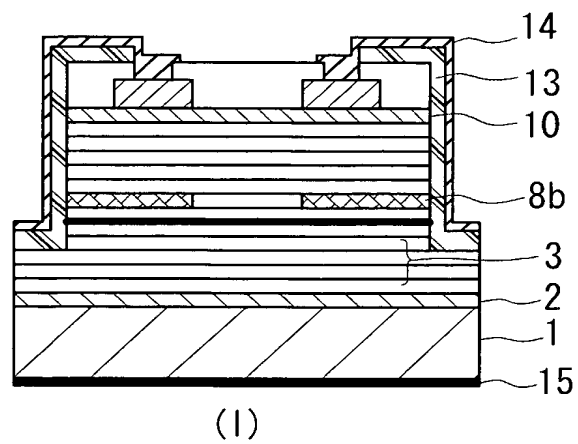
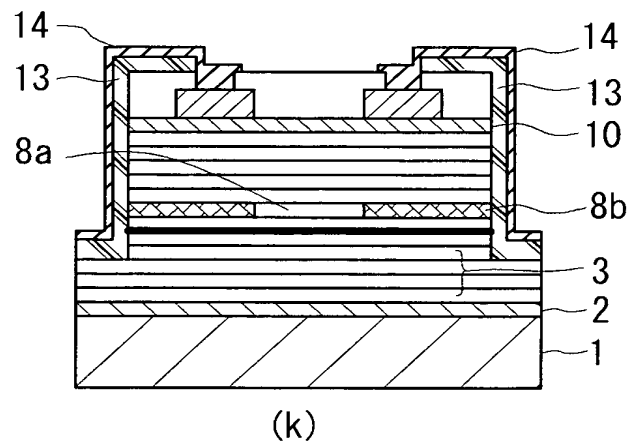
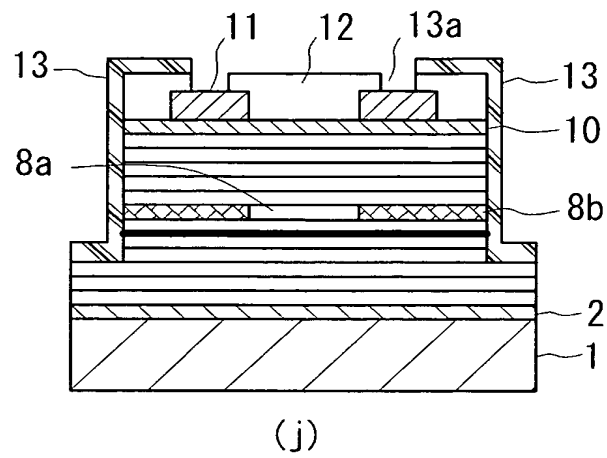


(h)

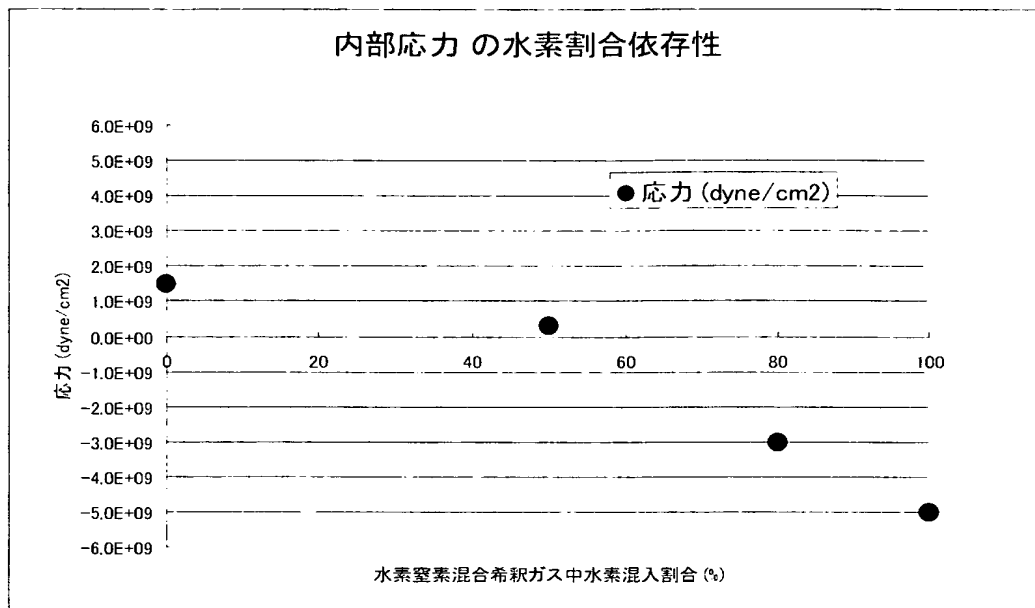


(i)

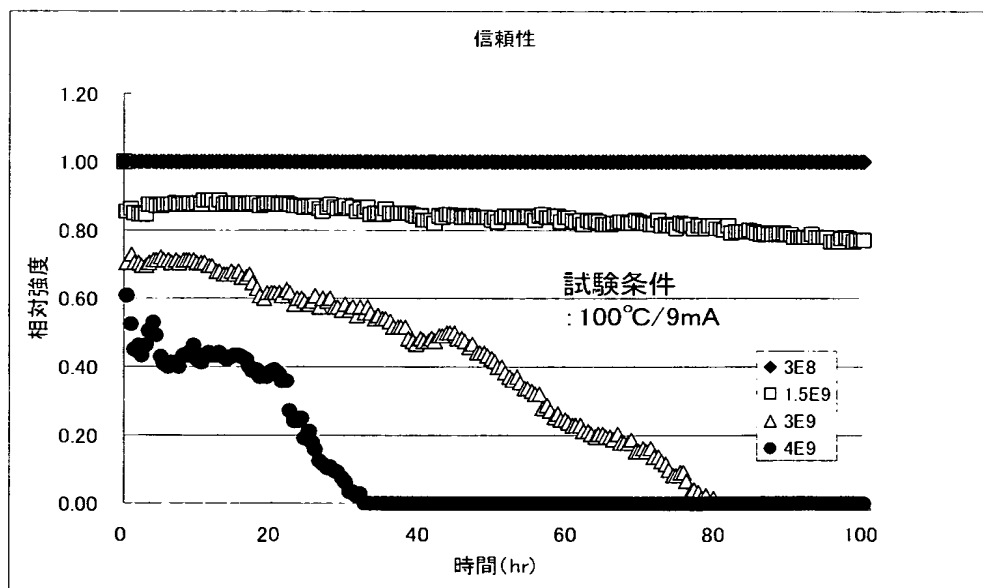
【図 5】



【図6】



【図7】



【書類名】 要約書

【課題】 メサ等の脱落を予防し素子の長寿命化を図った面発光型半導体レーザを提供する。

【解決手段】 面発光型半導体レーザ 1 0 0 は、基板 1 上に形成された n 型の下部 DBR 層 3 と、p 型の上部 DBR 層 9 と、それらの DBR 層の間に配された活性領域 7 と、選択的に酸化された酸化領域 8 b を含む電流狭窄層 8 とを有し、メサ構造 1 0 1 は、コンタクト層 1 0、上部 DBR 層 9 および電流狭窄層 8 を含み、メサ構造 1 0 1 の上面の縁部、側面、メサ底部が層間絶縁膜 1 3 によって覆われ、層間絶縁膜 1 3 の内部応力が 1.5×10^9 (d y n e / c m²) 以下である。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 3 6 3 4 8 6
受付番号	5 0 2 0 1 8 9 9 6 1 3
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0 0 9 1
作成日	平成 1 4 年 1 2 月 2 5 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

【識別番号】	000005496
【住所又は居所】	東京都港区赤坂二丁目 1 7 番 2 2 号
【氏名又は名称】	富士ゼロックス株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100098497
【住所又は居所】	千葉県市川市行徳駅前 2 - 1 - 2 パークイモト 4 0 2 片寄特許事務所

【氏名又は名称】	片寄 恭三
----------	-------

【代理人】

【識別番号】	100087480
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 9 番 1 号 ロボッ ト F A センター 1 3 0 1

【氏名又は名称】	片山 修平
----------	-------

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 6 3 4 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 4 9 6]

1 . 変更年月日

1 9 9 6 年 5 月 2 9 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区赤坂二丁目 1 7 番 2 2 号

氏 名

富士ゼロックス株式会社